

(2)

特開平11-220171

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に窒化ガリウム系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子において、

p型半導体側のコンタクト層に接続する第1の金属層と、この第1の金属層の少なくとも側面及びこの第1の金属層に覆われていない前記コンタクト層の表面を覆う第2の金属層とにより前記コンタクト層に接続する電極を構成することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項2】 前記第2の金属層の前記コンタクト層に対する単位面積当たりの接触抵抗の値は、前記第1の金属層の前記コンタクト層に対する単位面積当たりの接触抵抗の値よりも大きいことを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項3】 前記第1の金属層または前記第2の金属層は、複数の種類の金属により多層構造を成していることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項4】 前記第1の金属層は、銀（Ag）により形成されている事を特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項5】 前記第2の金属層は、バナジウム（V）とアルミニウム（Al）又はチタン（Ti）と金（Au）により形成されている事を特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、基板上に窒化ガリウム系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 図3に、従来技術として特開平6-120562によるフリップチップ型の発光素子300の断面図を示す。301は、サファイヤ基板、302は、n型のGaN層、303は、p型のGaN層、304は、正電極、305は、負電極である。フリップチップ型の発光素子では、n型のGaN層302とp型のGaN層303の界面で発せられた光をp型のGaN層303上の形成された正電極304で反射させ、サファイヤ基板301を通して観察するため、正電極304は、比較的大きく形成される。又、p型のGaN層303上に形成される正電極304に用いる金属層としては、アルミニウム（Al）などの金属が光の反射効率の上で優れていることが判っているが、これらの光の反射効率上優れている金属の種類の中には、それを電極に用いた際、例えばアルミニウムなどに代表される金属のようにマイグレーションを起こしやすいものがある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記のように、正電極304に用いられた金属が、マイグレーションを起こすと、正電極304を構成する金属がイオンとして、負電極305側に引き寄せられ、①電極層の乱れによる発光強度の低下、②正電極304とn型のGaN層302がマイグレーションにより短絡し、寿命の低下という問題が発生する。そこで、例えば図3に示すように、p型のGaN層303上に形成する正電極304とp型のGaN層303との距離Dを大きくすることにより、短絡までの時間を延ばし、その結果として、寿命を延長する方法も考えられる。しかし、上述のように、フリップチップ型の発光素子については、p型のGaN層303上の正電極304の大きさ＝発光面積であり、距離Dを大きくすることは、正電極の大きさを維持すれば、チップサイズが増大して、生産効率の低下を招き、又、正電極の大きさを小さくすれば、p型のGaN層303のDの隙間から漏れ出る光の量もそれに伴って増大するため、光の反射効率が低下し、発光効率が減少するという問題があった。加えて、電極層の乱れによる発光強度の低下を防止することはできない。

【0004】 本発明は、上記の問題を解決するために成されたものであり、その目的は、発光強度が大きく、かつ、寿命の長い窒化ガリウム系化合物半導体素子を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するための第1の手段は、基板上に窒化ガリウム系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子において、p型半導体側のコンタクト層に接続する第1の金属層と、この第1の金属層の少なくとも側面及びこの第1の金属層に覆われていないコンタクト層の表面を覆う第2の金属層とによりコンタクト層に接続する電極を形成することである。なお、第2の金属層は、第1の金属層の表面の周囲部およびコンタクト層の露出部を覆う場合と、第1の金属層の表面全体およびコンタクト層の露出部を覆う場合ともを含む。また、第2の手段は、上記の第1の手段において、第2の金属層のコンタクト層に対する単位面積当たりの接触抵抗の値を第1の金属層の値よりも大きくすることである。また、第3の手段は、上記の第1の手段または第2の手段において、第1の金属層または第2の金属層を複数の種類の金属により多層構造に形成することである。また、第4の手段は、上記の第1の手段乃至第3の手段のいずれか1つにおいて、第1の金属層を銀（Ag）により形成することである。更に、第5の手段は、上記の第1の手段乃至第4の手段のいずれか1つにおいて、第2の金属層をバナジウム（V）とアルミニウム（Al）又はチタン（Ti）と金（Au）により形成することである。これらの手段により、上記の課題を解決することができる。

(3)

特開平11-220171

【0006】

【作用および発明の効果】図1に、第1の金属層108に銀(Ag)を用いた本発明によるフリップチップ型の発光素子100の断面図を示す。本素子100では、第1の金属層108が、第2の金属層110に覆われているためマイグレーションが起こらない。よって本素子100は、長寿命となる。また、本素子100では、マイグレーションが起こらないため幅Dを小さくできるので第1の金属層108を広く取ることができ、その分光の反射効率の優れた金属を第1の金属層108に広面積に渡り使用できる。よって発光強度を向上させることができる。また、本素子100では、幅Dの部分でも第2の金属層110により光を反射するので、コンタクト層107からの光の漏れ出しが殆どなくなり、よって発光強度を更に向上させることができる。また、本素子100では、第2の金属層110の幅Dの部分でのコンタクト層107に対する接触抵抗の方が第1の金属層108のコンタクト層107に対する接触抵抗よりも大きいため、殆どの電流は幅Dの部分を通らず、コンタクト層107と金属層108との接触面の方を通る。このため、光の反射効率の優れた金属を広面積に渡り使用している金属層108の真上の活性層が発光し、よって発光強度が良い。更に、本素子100では、幅Dの部分は狭いため、コンタクト層107と第2の金属層110とを接合する際、強い接合強度が要求されるが、図1に示すように第2の金属層110を多層構造とすることで、強い接合強度を得ることが可能となる。これにより、本素子100をマイグレーションが起こらない長寿命な素子にすることができる。また、第2の金属層110は、酸素や水分の第1の金属層108への侵入を防ぎ、第1の金属層108を腐食させないという効果もある。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1は、第1の金属層に銀(Ag)を用いた本発明によるフリップチップ型の発光素子100の断面図である。101は、サファイヤ基板、102は、AlNバッファ層、103は、n型のGa_{0.5}N層、104は、n型のGa_{0.5}Nクラッド層、105は、活性層、106は、p型のAlGa_{0.5}Nクラッド層、107は、p型のGa_{0.5}Nコンタクト層、108は、正電極の一部を構成する第1の金属層であり、銀(Ag)により形成されている。109は、負電極であり、110は、正電極の一部を構成する第2の金属層である。即ち、第2の金属層110は、バナジウム(V)により形成された金属層111とアルミニウム(Al)により形成された金属層112とにより構成されており、接合強度が十分確保できるだけの幅Dをもってコンタクト層107と接している。本素子100は、第1の金属層に従来のフリップチップ型の正電極の部材としては用いられていなかった銀(Ag)を用いているため、コンタクト層107に対す

る接触抵抗が小さく、かつ、図1の上方への光の反射率が非常に良いため、発光強度の面で著しく優れているのが大きな特徴である。なお、第1の金属層108に銀(Ag)を用いた上記実施例の場合、第1の金属層108の膜厚は、約200Å~1μmの範囲が最も良く、これよりも薄いと光の反射効率が落ち、これよりも厚いと第2の金属層110により第1の金属層108の側面を完全に覆うことが困難となり、さらに生産コストの面で劣る。

【0008】図2は、第1の金属層にも多層構造を採用した本発明によるフリップチップ型の発光素子200の断面図である。201は、サファイヤ基板、202は、AlNバッファ層、203は、n型のGa_{0.5}N層、204は、n型のGa_{0.5}Nクラッド層、205は、活性層、206は、p型のAlGa_{0.5}Nクラッド層、207は、p型のGa_{0.5}Nコンタクト層、208は、正電極の一部を構成する第1の金属層であり、膜厚3000Åの銀(Ag)層208A、膜厚1000Åのニッケル(Ni)層208B、膜厚1000Åのチタン(Ti)層208Cよりなる多層構造により形成されている。209は、負電極であり、210は、正電極の一部を構成する第2の金属層である。即ち、第2の金属層210は、チタン(Ti)により形成された膜厚1000Åの金属層211と金(Au)により形成された膜厚1.5μmの金属層212とにより構成されており、接合強度が十分確保できるだけの幅Dをもってコンタクト層207と接している。本素子200は、第1の金属層に膜厚3000Åの銀(Ag)層208A、膜厚1000Åのニッケル(Ni)層208B、膜厚1000Åのチタン(Ti)層208Cよりなる多層構造を採用しているため、コンタクト層207に対する接触抵抗が低く、また、第1金属層の208Cと第2金属層の211を同じ金属とすることにより第1金属層と第2金属層との接合強度が強い点が優れている。

【0009】上記の実施例においては、第1の金属層のコンタクト層に面接触する金属層において銀(Ag)を用いたが、この層に用いる金属は、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、金(Au)、白金(Pt)であってもよく、また、これらの合金であってもよい。また、上記の実施例においては、第2の金属層のコンタクト層に面接触する金属層においてバナジウム(V)、チタン(Ti)を用いたが、この層に用いる金属は、クロム(Cr)、ニオブ(Nb)、亜鉛(Zn)、タンタル(Ta)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、ハフニウム(Hf)またはこれらの合金であってもよく、一般にn型のGa_{0.5}N層(103、203)に取り付ける負電極(109、209)と同じのものであってもよい。また、上記の実施例においては、第2の金属層は、第1の金属層を完全に覆っているが、第2の金属層は、第1の金属層を完全に覆っていなくてもよく、最低限第

(4)

特開平11-220171

1の金属層に覆われていないコンタクト層の底面と第1の金属層の側面とを覆っていればよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の金属層に銀（Ag）を用いた本発明によるフリップチップ型の発光素子の断面図。

【図2】第1の金属層にも多層構造を採用した本発明によるフリップチップ型の発光素子の断面図。

【図3】第1の金属層に銀（Ag）を用いた従来技術によるフリップチップ型の発光素子の断面図。

【符号の説明】

101、201、301…サファイヤ基板

102、202…AlNバッファ層

103、203、302…n型のGa_{0.4}N層

104、204…n型のGa_{0.4}Nクラッド層

105、205…活性層

106、206…p型のAlGa_{0.3}Nクラッド層

107、207…p型のGa_{0.4}Nコンタクト層

108、208…正電極の一部を構成する第1の金属層

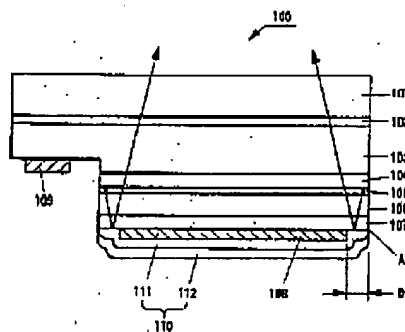
303…p型のGa_{0.4}N層

304…正電極

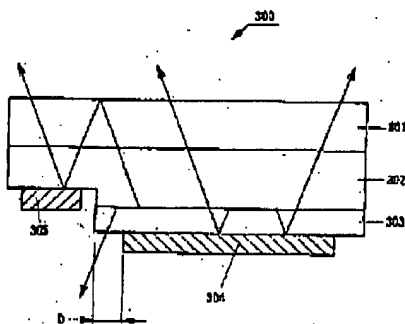
109、209、305…負電極

110、210…正電極の一部を構成する第2の金属層、

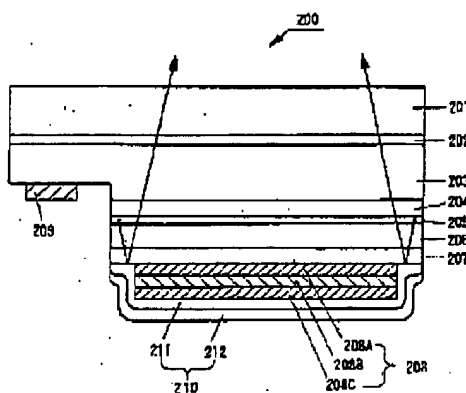
【図1】



【図3】



【図2】





TRANSLATION FROM JAPANESE

- (19) JAPANESE PATENT OFFICE (JP)
 (12) Unexamined Patent Gazette (A)
 (11) Unexamined Patent Application (Kokai) No. 11-220171
 (43) Disclosure Date: August 10, 1999

	Class.			
(51) Int. Cl. ⁶	Symbols		F I	
H 01 L 33/00 21/28	301		H 01 L 33/00 21/28	C B

Request for Examination: Not yet submitted
 (Total of 4 pages [in original])

Number of Claims: 5 FD

- (21) Application No.: 10-36619
 (22) Filing Date: February 2, 1998
 (71) Applicant: 000241463 (Toyoda Gosei Co., Ltd.)
 (72) Inventor: Toshiya Kamimura
 (72) Inventor: Shizuyo Noiri
 (72) Inventor: Shigemi Horiuchi
 (74) Agent: Tsutomu Fujitani, Patent Attorney

(54) [Title of the Invention] **Gallium Nitride-based Compound
 Semiconductor Element**

(57) [Summary]

[Object] Migration tends to occur in metals having high light reflection efficiency when these metals are used for the positive electrodes of flip-chip gallium nitride-based compound semiconductor elements, making some of the metals unsuitable as electrode materials.

[Means of Achievement] An electrode contiguous to a contact layer is formed from a first metal layer composed of silver (Ag) or the like contiguous to the contact layer on the side of a p-type semiconductor, and a second metal layer for covering the surface of the

first metal layer and the surface of the contact layer not covered by the first metal layer. The contact resistance of the second metal layer with respect to the contact layer per unit surface area is set higher than the same value for the first metal layer. Bonding strength with respect to the contact layer is increased by adopting a multilayer structure composed of a plurality of metal types for the first or second metal layer. These measures yield a long-lasting light-emitting element whose electrodes reflect light with high efficiency.

(Insert drawing here)

[Claims]

[Claim 1] A flip-chip light-emitting element, obtained by stacking layers composed of gallium nitride-based compound semiconductors on a substrate, wherein said gallium nitride-based compound semiconductor element is characterized in that

an electrode contiguous to a contact layer is formed from a first metal layer contiguous to the contact layer on the side of a p-type semiconductor, and a second metal layer for covering at least the side surfaces of the first metal layer and the surface of the contact layer not covered by the first metal layer.

[Claim 2] A gallium nitride-based compound semiconductor element as defined in Claim 1, characterized in that the contact resistance of the second metal layer with respect to the contact layer per unit surface area is set higher than the contact resistance of the first metal layer with respect to the contact layer per unit surface area.

[Claim 3] A gallium nitride-based compound semiconductor element as defined in Claim 1 or 2, characterized in that the first or second metal layer is fashioned as a multilayer structure from a plurality of metal types.

[Claim 4] A gallium nitride-based compound semiconductor element as defined in any of Claims 1 to 3, characterized in that the first metal layer is composed of silver (Ag).

[Claim 5] A gallium nitride-based compound semiconductor element as defined in any of Claims 1 to 4, characterized in that the second metal layer is composed of vanadium (V) and aluminum (Al), or titanium (Ti) and gold (Au).

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technological Field of the Invention] The present invention relates to a flip-chip light-emitting element obtained by stacking layers composed of gallium nitride-based compound semiconductors on a substrate.

[0002]

[Prior Art] Fig. 3 is a cross section of a flip-chip light-emitting element 300 based on the conventional technology disclosed in JP (Kokai) 6-120562. 301 is a sapphire substrate, 302 an n-type GaN layer, 303 a p-type GaN layer, 304 a positive electrode, and 305 a negative electrode. In this flip-chip light-emitting element, the positive electrode 304 is made comparatively big because light generated at the interface between the n-type GaN layer 302 and the p-type GaN layer 303 is reflected by the positive electrode 304 on the p-type GaN layer 303 and viewed through the sapphire substrate 301. Aluminum (Al) and other metals having high light reflection efficiency are used to form the metal layers of the positive electrode 304 formed on the p-type GaN layer 303. Migration tends to occur when aluminum and other metals having high reflection efficiency are used in the formation of such electrodes.

[0003]

[Problems Which the Invention Is Intended to Solve] When migration occurs in the metal constituting the positive electrode 304 in this manner, the metal making up the positive electrode 304 is attracted as ions by the negative electrode 305, bringing about the following two undesirable changes: (1) reduced emission intensity resulting from disturbance in the electrode layers, and (2) short circuiting and shorter life due to migration in the positive electrode 304 and n-type GaN layer 302. It has therefore been

proposed to delay short circuiting and thus to extend service life by increasing the distance D between the p-type GaN layer 303 and the positive electrode 304 formed on the p-type GaN layer 303, as shown, for example, in Fig. 3. In a flip-chip light-emitting element, however, the size of the positive electrode 304 disposed on the p-type GaN layer 303 is equal to the light-emitting surface area (as described above), so increasing the distance D will increase chip dimensions and reduce production efficiency if the size of the positive electrode is preserved unchanged. Reducing the size of the positive electrode increases the amount of light leaking through the gap D between the electrode and the p-type GaN layer 303, resulting in lower light reflection efficiency and luminous efficiency. In addition, emission intensity cannot be prevented from being reduced by the disturbance in the electrode layer.

[0004] An object of the present invention, which was perfected in order to address the above-described problems, is to provide a long-lasting gallium nitride-based compound semiconductor element having high emission intensity.

[0005]

[Means Used to Solve the Above-Mentioned Problems] A first means for addressing the above-described problems resides in a flip-chip light-emitting element obtained by stacking layers composed of gallium nitride-based compound semiconductors on a substrate, wherein an electrode contiguous to a contact layer is formed from a first metal layer contiguous to the contact layer on the side of a p-type semiconductor, and a second metal layer for covering at least the side surfaces of the first metal layer and the surface of the contact layer not covered by the first metal layer. The second metal layer may cover the peripheral portion of the surface of the first metal layer and the exposed portion of the contact layer, or it may cover the entire surface of the first metal layer and the exposed portion of the contact layer. A second means is a modification of the first means in that the contact resistance of the second metal layer with respect to the contact layer per unit surface area is set higher than the same value for the first metal layer. A third means is a modification of the first or second means in that the first or second metal layer is fashioned as a multilayer structure from a plurality of metal types. A fourth means is a modification of any of the first to third means in that the first metal layer is composed of silver (Ag). A fifth means is a modification of any of the first to fourth means in that the second metal layer is composed of vanadium (V) and aluminum (Al), or titanium (Ti) and gold (Au). These means allow the above-described shortcomings to be overcome.

[0006]

[Operation and Merits of the Invention] Fig. 1 is a cross section of a flip-chip light-emitting element 100 obtained in accordance with the present invention by using silver (Ag) for the first metal layer 108. In the element 100, migration is prevented by coating the first metal layer 108 with a second metal layer 110. The life of the element 100 is thereby extended. In addition, the absence of migration in the element 100 allows width D to be reduced and the first metal layer 108 to be widened, making it possible to spread the metal with high light reflection efficiency over a proportionately wider surface area of the first metal layer 108. Emission intensity can thereby be improved. Another feature of the element 100 is that light is reflected by the second metal layer 110 even in the portion corresponding to width D, minimizing the leakage of light through a contact layer 107 and resulting in even higher emission intensity. Another feature of the element 107 is that the contact resistance of the second metal layer 110 with respect to the contact layer 107 in the portion corresponding to width D is greater than the contact resistance of the first metal layer 108 with respect to the contact layer 107, minimizing the flow of electric current through the portion corresponding to width D and causing the current to flow through the surface of contact between the contact layer 107 and the metal layer 108. Light is therefore emitted by the active layer lying immediately above the metal layer 108 (which is obtained by spreading a metal with high light reflection efficiency over a wide surface area), and emission intensity is thereby improved. Because the portion corresponding to width D in the element 100 is narrow, considerable bonding strength is needed during the bonding of the contact layer 107 and the second metal layer 110, and such bonding strength can be achieved by configuring the second metal layer 110 as a multilayer structure in the manner shown in Fig. 1. The element 100 can thus be fabricated as a migration-free, long-lasting element. In addition, the second metal layer 110 acts to prevent the first metal layer 108 from being contaminated with oxygen or moisture, and protects the first metal layer 108 from corrosion.

[0007]

[Embodiments of the Invention] The present invention will now be described based on specific working examples. Fig. 1 is a cross section of a flip-chip light-emitting element 100 obtained in accordance with the present invention by using silver (Ag) for the first metal layer. 101 is a sapphire substrate, 102 an AlN buffer layer, 103 an n-type GaN layer, 104 an n-type GaN cladding layer, 105 an active layer, 106 a p-type AlGaIn cladding layer, 107 a p-type GaN contact layer, and 108 a first metal layer constituting

part of a positive electrode and consisting of silver (Ag). 109 is a negative electrode, and 110 is a second metal layer constituting part of the positive electrode. In other words, the second metal layer 110 comprises a metal layer 111 consisting of vanadium (V), and a metal layer 112 consisting of aluminum (Al), and is in contact with the contact layer 107 over a distance D sufficient to provide adequate bonding strength. Because the first metal layer is obtained using silver (Ag) (which is commonly dispensed with when members constituting conventional flip-chip positive electrodes are formed), low contact resistance is obtained with respect to the contact layer 107, and light is reflected upward in Fig. 1 with exceptional efficiency, providing the element 100 with remarkable features in terms of emission intensity. In the above-described working example, in which the first metal layer 108 is obtained using silver (Ag), about 200 Å to 1 μm is considered to be the best range for the thickness of the first metal layer 108. A thinner layer reflects light with less efficiency, and a thicker layer makes it more difficult to completely cover the side surfaces of the first metal layer 108 with the second metal layer 110, and is undesirable in terms of manufacturing costs.

[0008] Fig. 2 is a cross section of a flip-chip light-emitting element 200 obtained in accordance with the present invention by adopting a multilayer structure for the first metal layer as well. 201 is a sapphire substrate, 202 an AlN buffer layer, 203 an n-type GaN layer, 204 a p-type GaN cladding layer, 205 an active layer, 206 a p-type AlGaIn cladding layer, 207 a p-type GaN contact layer, and 208 a first metal layer constituting part of a positive electrode and having a multilayer structure that comprises a silver (Ag) layer 208A with a thickness of 3000 Å, a nickel (Ni) layer 208B with a thickness of 1000 Å, and a titanium (Ti) layer 208C with a thickness of 1000 Å. 209 is a negative electrode, and 210 is a second metal layer constituting part of a positive electrode. Specifically, the second metal layer 210 comprises a metal layer 211 consisting of titanium (Ti) and having a thickness of 1000 Å, and a metal layer 212 consisting of gold (Au) and having a thickness of 1.5 μm. The second metal layer is in contact with the contact layer 207 across a distance D sufficient to achieve adequate bonding strength. The element 200 has excellent features in the sense that low contact resistance is obtained with respect to the contact layer 207 because the first metal layer is configured as a multilayer structure comprising a silver (Ag) layer 208A with a thickness of 3000 Å, a nickel (Ni) layer 208B with a thickness of 1000 Å, and a titanium (Ti) layer 208C with a thickness of 1000 Å, and that strong bonding is achieved between the first and second metal layers because the first metal layer 208C and the second metal layer 211 are formed from the same metal.

[0009] In the above-described working examples, silver (Ag) was used to form the metal layer in contact with the contact layer surface of the first metal layer, but the metal used for this layer may also be nickel (Ni), cobalt (Co), gold (Au), platinum (Pt), or an alloy thereof. In addition, vanadium (V) and titanium (Ti) were used for the metal layers in contact with the contact layer surface of the second metal layer in the above-described working examples, but the metals used for these layers may also be chromium (Cr), niobium (Nb), zinc (Zn) tantalum (Ta), molybdenum (Mo), tungsten (W), hafnium (Hf), and alloys thereof. The metals are commonly the same as those used for the negative electrodes (109, 209) mounted on the n-type GaN layers (103, 203). Another feature of the above-described working examples was that the second metal layer completely covered the first metal layer. Alternatively, the second metal layer may cover the first metal layer only partially. At the minimum, the side surfaces of the first metal layer should be covered, as should the bottom surface of the contact layer not covered by the first metal layer.

[Brief Description of the Figures]

[Figure 1] A cross section of a flip-chip light-emitting element obtained in accordance with the present invention by using silver (Ag) for the first metal layer.

[Figure 2] A cross section of a flip-chip light-emitting element obtained in accordance with the present invention by adopting a multilayer structure for the first metal layer as well.

[Figure 3] A cross section of a flip-chip light-emitting element obtained in accordance with a conventional technique by using silver (Ag) for the first metal layer.

[Key]

101, 201, 301: sapphire substrates; 102, 202: AlN buffer layers; 103, 203, 302: n-type GaN layers; 104, 204: n-type GaN cladding layers; 105, 205: active layers; 106, 206: p-type AlGaIn cladding layers; 107, 207: p-type GaN contact layers; 108, 208: first metal layers constituting part of positive electrode; 303: p-type GaN layer; 304: positive electrode; 109, 209, 305: negative electrodes; 110, 210: second metal layers constituting part of positive electrode

[Figure 1]

[Figure 2]

[Figure 3]